Pontificia Universidad JAVERIANA Bogotá	**FACULTAD DE INGENIERÍA** **MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

TRABAJO DE GRADO – PROPUESTA DE PROYECTO – PZ-2011-1-XX

TÍTULO DEL PROYECTO	**ALGORITMO DE DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE EMBOLIAS PULMONARES EN IMÁGENES TRIDIMENSIONALES DE TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA**		
DATOS DEL ESTUDIANTE	**Luis Andrés Almanza** CC 80.665.223	**CORREO ELECTRÓNICO**	almanzal@javeriana.edu.co andresalmanza@gmail.com
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO	Leonardo Florez PhD	**MODALIDAD**	Investigación
	florez-l@javeriana.edu.co	**ÁREA DE ÉNFASIS**	Computación Gráfica
ASESOR (opcional)	Maciej Orkisz PhD	**GRUPO Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**	TAKINA
	maciej.orkisz@creatis.insa-lyon.fr		Sub-línea - Procesamiento de Imágenes Digitales.

OBJETIVOS	**OBJETIVO GENERAL** Implementar un algoritmo para apoyar la detección de embolias pulmonares en imágenes médicas de TAC (Tomografía Axial Computarizada). **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** 1. Seleccionar un algoritmo según los criterios de sensibilidad y especificidad. 2. Diseñar una implementación del algoritmo seleccionado. 3. Desarrollar una solución que implemente el algoritmo propuesto. 4. Implantar y validar el algoritmo en un caso de estudio.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN O APLICACIÓN

"Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son las principales causas de muerte en el mundo (...) se estima que cada año mueren más personas por esta causa que por cualquier otra; afectan a ambos sexos por igual, y más del 80% se producen en países de ingresos bajos. En 2005 murieron 17,5 millones de personas, lo cual representa un 30% de todas las muertes registradas en el mundo; 7,6 millones de esas muertes se debieron a la cardiopatía coronaria, y 5,7 millones a los accidentes vasculares cerebrales (...) Se calcula que en 2015 morirán cerca de 20 millones de personas por ECV sobre todo por cardiopatías y accidentes vasculares cerebrales y se prevé que sigan siendo la principal causa de muerte". [1]

Las enfermedades cardiovasculares son enfermedades del corazón y de los vasos sanguíneos. Estas enfermedades son la cardiopatía coronaria, las enfermedades cerebrovasculares, las arteriopatías periféricas, la cardiopatía reumática, las cardiopatías congénitas, y las trombosis venosas profundas y embolias pulmonares [1].

Una embolia pulmonar (imagen 2) es un bloqueo súbito de una arteria pulmonar. La causa suele ser un coágulo en la pierna llamado trombosis venosa profunda, esta se desprende y viaja por el torrente sanguíneo hasta el pulmón (imagen 1). La embolia pulmonar es un cuadro serio que puede causar:

1. Un daño permanente en el pulmón afectado
2. Bajos niveles de oxígeno en la sangre
3. Lesiones en otros órganos del cuerpo por no recibir suficiente oxígeno

Si el coágulo es grande, o si existen muchos coágulos, la embolia pulmonar puede provocar la muerte.

La embolia pulmonar suele ser difícil de diagnosticar porque los signos y los síntomas se parecen a los de otros trastornos y enfermedades [2]. La mitad de las personas que tienen embolia pulmonar no presenta síntomas, si los presenta pueden incluir falta de aire, dolor torácico o tos con sangre. Los síntomas de un coágulo de sangre incluyen calor, inflamación, dolor, sensibilidad y enrojecimiento de la pierna. [3].

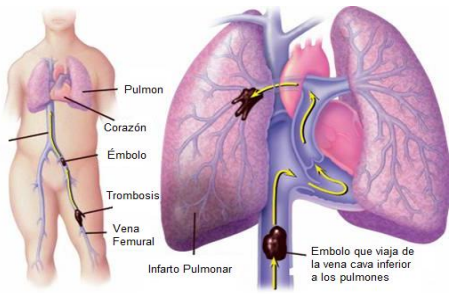


Imagen 1. Embolia Pulmonar.[4]

Imagen 2. Embolia Pulmonar.[5]

Además del examen físico y la historia clínica completa, los procedimientos para diagnosticar una embolia pulmonar pueden incluir uno o más de los siguientes: Rayos X del tórax, Gammagrafía pulmonar de ventilación/perfusión, Angiograma pulmonar , Tomografía axial computarizada (CT ó CAT) - [con contraste] (imagen 3), Imágenes por resonancia magnética (MRI), Ecografía dúplex, Análisis de laboratorio, Electrocardiograma (ECG).[2]

El tratamiento específico será determinado por el médico basándose en la edad del paciente,

estado general de salud y antecedentes médicos, extensión de la enfermedad, signos y síntomas, tolerancia a determinados medicamentos, procedimientos o terapias, expectativas para la evolución de la enfermedad, opinión o preferencia. [2]

Las opciones de tratamiento de la embolia pulmonar incluyen, anticoagulantes, tratamiento fibrinolítico, filtro de vena cava, embolectomía pulmonar, trombectomía percutánea, dependiendo de la condición del paciente [2].

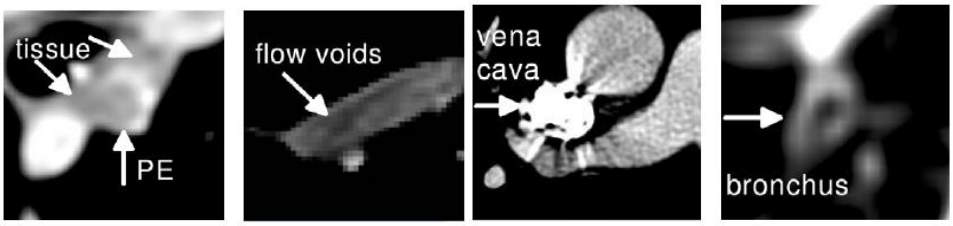


Imagen 3. Imágenes de tomografía axial computarizada[6]

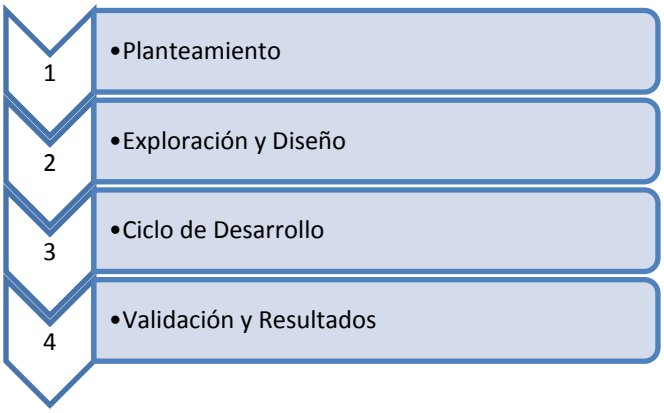
Desde la perspectiva informática, actualmente existen diferentes aproximaciones para la detección de embolias pulmonares. Masutani[7], propone un algoritmo de detección que se basa en la segmentación de los vasos pulmonares para limitar el espacio de búsqueda y análisis, y utiliza las características del tamaño vascular, el contraste local basado en la morfología matemática, el orden de curvatura, y las características geométricas, como el volumen y la longitud.

El algoritmo propuesto por Prieto[8] consta de los siguientes pasos, pre procesamiento, que se compone de un realce de vasos y detección de los pulmones, extracción del eje medio, a partir de la esqueletización independientemente de la pre-segmentación, criterio medio, y esquemas de seguimiento, a continuación la detección del árbol vascular filtrado del árbol vascular, generando la topología por medio de un algoritmo de adelgazamiento generando la estructura del árbol vascular, y por último la detección de embolias pulmonares

En el algoritmo de Sebbe[8], el primer paso es realizar un filtrado y realce de vasos, a continuación, segmentación de de los vasos sanguíneos a partir de algoritmos de contorno activo, particularmente *Fast Marching*, y para la detección de coágulos propone dos algoritmos dependiendo de las necesidades del médico.

Bouma[9] a partir de las características de intensidad (trasformación BotHat y primer valor propio de la matriz hesiana), y la forma del lumen(isofoto curvatura y circularidad), propone un algoritmo para la detección de embolias pulmonares.

Otra forma de aproximación que se ha explorado es utilizar inteligencia artificial en la detección de embolias pulmonares, en 1993 Tourassi[10] presentó una solución utilizando redes neuronales, posteriormente Scurell[11] utiliza el algoritmo Hybrid-Monte-Carlo para el mismo propósito, Serpen[12] demostró que las redes neuronales basadas en conocimiento KBANN (por sus siglas en ingles *knowledge-based artificial neural network*), permiten la detección de embolias pulmonares, y Park[13] está actualmente investigando como mejorar el rendimiento en la detección de embolias pulmonares utilizando redes neurales.

METODOLOGÍA	
DESCRIPCIÓN GENERAL	Este proyecto se enmarca en la modalidad de investigación, teniendo en consideración este motivo, se escoge una metodología por fases. Se proponen cuatro fases, planteamiento, exploración y diseño, ciclo de desarrollo, y validación y resultados, en cada una de ellas se especifica una metodología diferente. En la fase inicial se desarrollará una investigación orientada a explorar el estado del arte en detección de embolias pulmonares, y posteriormente se desarrollará el plan de trabajo del proyecto en general. La metodología utilizada es la del seminario de investigación (clases, seminarios, propuesta de trabajo de grado, estado del arte). En la fase de exploración y diseño, se realizará una evaluación de los algoritmos investigados, se escogerá el algoritmo mas óptimo basado en los criterios de sensibilidad y especificidad, posteriormente a este algoritmo se diseñará la implementación de este, y adicionalmente se especificará cual va a ser el plan de pruebas del proyecto. En el ciclo de desarrollo, por medio del ciclo de vida prototipado rápido, se desarrollará incrementalmente una solución informática que implemente el algoritmo propuesto. Por último se implantará la solución y se realizara una validación en un caso de estudio. Y para concluir se presentarán los resultados del trabajo de grado. 

<table>
<tr><td>FASE 1

PLANTEAMIENTO</td><td>En esta fase se realiza una exploración inicial y el planteamiento del problema.

Actividades:

A. Realizar investigación inicial del problema y escribir un artículo del estado del arte
B. Desarrollar de la propuesta de Trabajo de Grado</td></tr>
<tr><td>FASE 2

EXPLORACIÓN Y DISEÑO</td><td>En esta fase se explorarán cada uno de los algoritmos descritos, y de acuerdo a los criterios de selección (sensibilidad y especificidad), se escogerá uno para el trabajo de grado.

Posteriormente se propondrá una mejora al algoritmo seleccionado

Actividades:

A. Comparar algoritmos investigados
B. Proponer una mejora al algoritmo seleccionado
C. Escribir plan de pruebas</td></tr>
<tr><td>FASE 3

CICLO DE DESARROLLO</td><td>Para esta fase de definió el ciclo de vida prototipado rápido (Imagen 4), por medio de la cual se desarrollará la solución implementando el algoritmo propuesto. Por la naturaleza del ciclo de vida, las actividades que se realizaran se ejecutaran iterativamente.

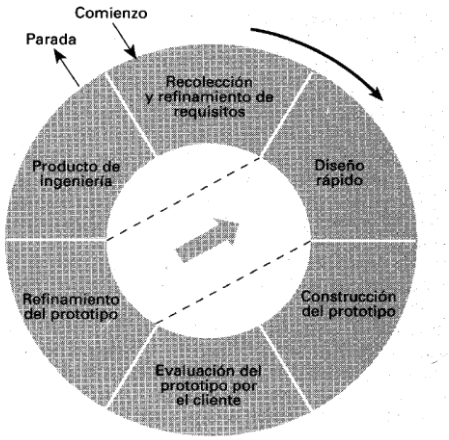
 

Imagen 4. Ciclo de vida de Prototipado [14]

Actividades:

A. Recolección de requerimientos
B. Diseño rápido
C. Construcción de prototipo
D. Evaluación del prototipo.
E. Refinamiento del prototipo
F. Desarrollo de la iteración</td></tr>
</table>

FASE 4 **VALIDACIÓN Y RESULTADOS**	En esta fase se realizara la validación en un caso de estudio, se recolectarán todos los resultados de la validación, y se presentarán los resultados del trabajo de grado. Para la validación se seguirán los siguientes pasos 1. Definir objetivos (hipótesis) 2. Definir medidas de éxito 3. Verificar viabilidad (estimación gruesa) 4. Diseñar el experimento (estimación precisa) 5. Realizar el experimento 6. Recolección y análisis de los datos 7. Verificar los objetivos 8. Concluir Actividades: A. Realizar la validación del algoritmo en un caso de estudio B. Escribir el artículo que presentará el algoritmo y los resultados obtenidos C. Escribir el documento de resultado del trabajo de grado

RESULTADOS ESPERADOS	
ASIGNATURA MISyC PROYECTO 1	Documento de análisis comparativo de los algoritmos que permiten la detección de embolias pulmonares, este análisis estará centrado en los criterios de sensibilidad y especificidad. En este documento también se presentara el diseño del algoritmo seleccionado.
	Documento de plan de pruebas, en este se especificarán las pruebas que se ejecutarán, tanto de la solución informática como de un caso de prueba con imágenes médicas.
ASIGNATURA MISyC PROYECTO 2	Solución informática con la implementación del algoritmo, se entregarán los programas fuentes y ejecutables, así como la documentación técnica, y manual de usuario.
	Artículo que presenta el algoritmo y los resultados del caso de estudio. Este artículo será presentado para publicación en una revista indexada nacional.
	Documento de entrega de resultados del trabajo de grado.

PROSPECTIVA DE INNOVACIÓN	
POTENCIAL DE INNOVACIÓN	Desde la perspectiva médica, como se describió anteriormente, la embolia pulmonar es una enfermedad difícil de detectar, adicionalmente los pacientes que llegan al servicio de urgencias son atendidos inicialmente por médicos no especialistas en la enfermedad, esto dificulta aún más la detección de esta. Desde la perspectiva informática existen diferentes aproximaciones en la detección de embolias pulmonares, pero los últimos artículos intentan investigar en como optimizar algoritmos para mejorar su rendimiento. Y por ultimo una pregunta abierta: ¿Cómo aplicar el conocimiento informático, para apoyar en un ambiente medico real, la detección de una enfermedad como la embolia pulmonar?
PROPIEDAD INTELECTUAL	Este trabajo de grado se realizará dentro del marco de investigación del grupo de investigación TAKINA (Sistemas Inteligentes, Computación Gráfica y Bioinformática) de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. El resultado del proyecto aportará al marco global del desarrollo del grupo TAKINA, servirá como base para futuros trabajos y proyectos del grupo, y estará a disposición del grupo TAKINA, sin ninguna restricción de uso. El algoritmo estará a disposición de licencia Creative Commons, y el software producto de este trabajo de grado se licenciará bajo el modelo de software libre.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Organización Mundial de la Salud. http://www.who.int/. Noviembre 2011

[2] Resurrection Health Care. http://www.reshealth.org. Noviembre 2011

[3] NIH: Instituto Nacional del Corazón los Pulmones y la Sangre. http://www.nhlbi.nih.gov/. Noviembre 2011

[4] Facultad de Medicina, Universidad Francisco Marroquín. http://medicina.ufm.edu/cms/es/Sindrome-de-la-clase-turista, Noviembre 2011

[5] Thrombosis Adviser. http://www.thrombosisadviser.es/scripts/pages/es/image.php?category=pe&image=pulmonary-embolus, Noviembre 2011

[7] Masutani Y, MacMahon H, Doi K. Computerized detection of pulmonary embolism in spiral CT angiography based on volumetric image analysis. IEEE Trans Med Imaging. 2002 Dec;21(12):1517-23.

[8] Juan Carlos Prieto. Segmentación del árbol vascular, para apoyar la detección de embolias pulmonares. Tesis Maestría 2009.

[8] Raphaël Sebbe. Computer-aided Diagnosis of Pulmonary Embolism in Opacified CT Images, Tesis PhD, 2011.

[9] Bouma H, Sonnemans JJ, Vilanova A, Gerritsen FA. Automatic detection of pulmonary embolism in CTA images. IEEE Trans Med Imaging. 2009 Aug;28(8):1223-30. Epub 2009 Feb 10.

[10] Tourassi GD, Floyd CE, Sostman HD, Coleman RE. Acute pulmonary embolism: artificial neural network approach for diagnosis. Radiology. 1993 Nov;189(2):555-8.

[11] Simon J. Scurell, Tshilidzi Marwala, David Rubin. Automatic Detection of Pulmonary Embolism using Computational Intelligence. 3 Jun 2007

[12] Serpen, A Knowledge-Based Artificial Neural Network for Pulmonary Embolism Diagnosis: Development and Conceptual Aspects

[13] Park SC, Chapman BE, Zheng B. A Multistage Approach to Improve Performance of Computer-Aided Detection of Pulmonary Embolisms Depicted on CT Images: Preliminary Investigation. IEEE Trans Biomed Eng. 2011 Jun;58(6):1519-27. Epub 2010 Aug 5.

[14] Ciclo de vida del software. http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/ISOFTWAREI/Tema03.pdf. Noviembre 2011